

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pintu Air (*sluice*)

Pintu air (*sluice*) yang biasa di bangun memotong tanggul sungai berfungsi sebagai pengatur aliran air untuk pembuangan (*drainase*), penyadap dan pengatur lalu lintas air.

Di tinjau dari kontruksinya, secara garis besarnya pintu air dapat di bedakan dalam dua tipe yaitu pintu air saluran terbuka atau di sebut pintu air saluran (*gate*) dan pintu air saluran tertutup atau di sebut pintu air saluran trowongan (*sluice*).

2.2 Jenis Pintu Air (Yuwono hal. 5)

Pintu air pada bendungan terutama pada bangunan pengambilan di gunakan untuk membuka, menutup dan mengatur aliran air, desainya juga harus di sesuaikan dengan tinggi tekanan air yang akan di layanai. Brikut ini jenis-jenis pintu air yang sering di gunakan:

- Jenis-jenis pintu air berdasarkan bentuknya :
 1. Pintu air geser (*Slide Gate*), bentuknya sangat sederhana, untuk membuka pintu ditarik keatas dan untuk digeser kebawah. Pintu ini banyak di gunakan pada bangunan pengambilan.
 2. Pintu air geser tahanan tinggi (*High Pressure Slide Gate*), sama dengan yang pertama hanya didesain untuk tekanan tinggi, yaitu lebih dari 25 meter. Juga banyak di gunakan pada bangunan pengambilan.
 3. Pintu air dengan roda (*Roller Gate, Fixed Wheel Gate*),berbentuk empat persegi panjang dan di bantu dengan beberapa roda agar muda untuk membuka dan menutupnya. Banyak di gunakan untuk debit air yang lebih besar di banding pintu air geser. Pintu air

ini banyak digunakan untuk bangunan pengambilan dan pengaturan aliran air sungai disebelah hilir waduk atau waduk alam (*afterbay gate*) agar debit airnya tidak banyak berubah.

4. Pintu air stone (*Stone Gate*), hampir sama dengan pintu air dengan roda, hanya saja rodanya lebih kecil tetapi lebih banyak.
5. Pintu air Caterpillar (*Roller Mounted Gate*), cara Bergeraknya di bantu dengan roda-roda kecil yang jumlahnya banyak dan mengelilingi daun pintunya, karena daun pintu sangat berat.
6. Pintu air Radial (*Radial Gate, Tainter Gate*), berbentuk lengkung yang berputar pada pusatnya. Banyak di gunakan pada bangunan pelimpah apabila debitnya melebihi batas akan membuka sendiri secara otomatis.
7. Pintu air papan flash (*Flash Board Gate*), berbentuk papan yang ditahan engsel dengan kabel. Pada waktu menutup kedudukan pintu ke atas dan pada waktu terbuka kedudukan pintu miring ke bawah. Banyak di gunakan pada bangunan pengambilan.
8. Pintu air drum (*Drum Gate*), berbentuk lengkung yang berputar pada engselnya. Hampir sama dengan pintu air radial, hanya pada waktu membuka daun pintu bergerak ke bawah sedangkan pada pintu air radial pada waktu membuka bergerak ke atas. Banyak digunakan untuk bangunan pelimpah yang apabila debit air melebihi batas tertentu akan membuka dengan sendirinya.

9. Pintu air sector (*Sector Gate*), hampir sama dengan pintu air drum, hanya karena lebih berat maka dibantu dengan kabel dan mesin penggerak (*winch*) untuk mempermudah membuka dan menutup daun pintunya.
10. Pintu air berputar (*Rolling Gate*), berbentuk lingkaran dengan poros horizontal. Pada waktu membuka daun pintu bergerak ke atas dengan rantai yang di tarik dengan mesin penggerak lewat kabel. Banyak di gunakan untuk bangunan pelimpah.
11. Pintu air cicin (*Ring Gate*), berbentuk cicin mengelilingi lubang pemasukan. Banyak digunakan untuk bangunan pelimpah berbentuk amang lingkaran (*moming glory*).
12. Pintu air silinder (*Cylinder Gate*), berbentuk silinder dengan poros vertikal. Pada waktu membuka daun pintu ditarik ke atas. Banyak di gunakan untuk bangunan pengambilan.
13. Pintu air Flao (*Flao Gate*), berbentuk papan dengan engsel yang di tahan kabel. Dengan menarik kabel, daun pintu dapat di buka. Banyak digunakan untuk bangunan pengambilan dan untuk pintu air pelayaran sungai atau kanal.
14. Pintu air penangkap beruang (*Bear Trap Gate, Double Flat Gate*), berbentuk papan yang ditambah penyanggadan ditahan oleh engsel. Pada waktu tertutup, daun pintu letaknya miring demikian pula penyangganya. Pada waktu di buka dengan pertolongan engsel, daun pintu dan penyangga

letaknya horizontal. Penggunaannya sama dengan pintu flap.

15. Stop log, terdiri dari batang kayu atau besi yang diletakan secara tumpuk dari bawah keatas sehingga lebih sederhana dan murah di bandingkan pintu air tipe lainnya. Digunakan di depan atau di belakang pintu air yang lain dengan maksud agar pintu air tersebut dapat diadakan pemeriksaan dan pemeliharaan pada waktunya. Apabila terjadi rembesan air dapat di tutup dengan karet atau tanah liat

16. Jenis-jenis pintu air berdasarkan fungsinya:

1. Pintu air darurat (*Emergency Gate*), merupakan pintu air edangan yang di gunakan apabila pintu air yang biasa tidak dapat di oprasikan. Banyak di gunakan untuk bangunan pelimpah darurat (*emergency spillway*)
2. Pintu air pengaturan (*regulating gate*), merupakan pintu air yang dioprasikan pada tekanan air penuh untuk menahan alirn air.
3. Pintu air penjaga (*guard gate*), merupakan pintu air yang dioprasikan secara membuka penuh atau menutup penuh dan tida dapat di oprasikan sebagian saja.
5. Pintu air pengeluaran (*outlet gate*), merupakan pintu air yang di gunakan untuk membuka, mengatur dan menutup aliran air yang keluar dari waduk atau waduk alam.

2.3 Katup (*valves*)

Katup fungsinya sama dengan pintu air biasa, hanya dapat menahan tekanan yang lebih tinggi (pipa air, pipa pesat dan trowongan tekan). Merupakan alat untuk membuka, mengatur dan meniup aliran air dengan cara memutar, menggerakkan ke arah melintang atau memanjang di dalam saluran airnya. Apabila digunakan untuk saluran terbuka, ada yang menyebut sebagai pintu air juga (*gate*).

Ada 10 tipe yang sering dipakai, yaitu :

1. Kelep cincin penutup (*ring seal valve*)
2. Kelep aliran jet (*jet flow valve*)
3. Kelep pengantar berbentuk cincin (*ring follower valve*)
4. Kelep pipa (*tube valve*)
5. Kelep jet berbentuk lubang (*hollow jet valve*)
6. Kelep berbentuk jarum (*needle valve*)
7. Kelep Howell Bunker (*Howe Bunker Valve*)
8. Kelep pintu (*gate valve, sluice valve*)
9. Kelep kupu-kupu (*butterfly valve*)
10. Kelep putaran (*rotary valve*)

2.4 Persyaratan spesifikasi minimal Pintu Darurat (Yuwono hal. 15)

Persyaratan spesifikasi minimal yang harus dipenuhi untuk pekerjaan pintu darurat 1 unit agar memenuhi persyaratan teknis adalah di Tabel 2.1

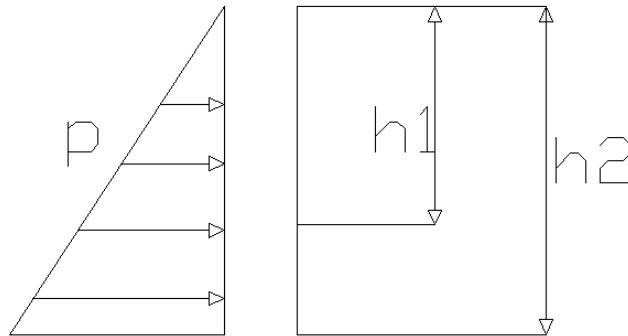
Tabel 2.1 Spesifikasi Pintu Darurat

NO	Keterangan	Satuan	Volume
	KOMPONEN		
1.	Balok Utama (I 500 x 300 x 13)	Kg	2.232,00
2.	Balok atas&bawah (I 400 x 110 x 14)	Kg	574,40
3.	Balok Samping (400 x 110 x 14)	Kg	574,40
4.	Balok penunjang tengah (I 400 x 300)	Kg	656,00
5.	Balok penunjang tengah (T.200/150)	Kg	785,60
6.	Plat d.pintu (dm)	Kg	3.144,00
7.	Sheave + dudukanya	Kg	105,00
8.	Karet perapat (m)	m	16,00
9.	Mur baut (anti karat)	buah	80,00
10.	Roda utama (Ø 400 x 75 lebar)	Kg	42,39
11.	Poros roda (Ø 50)	Kg	61,70
12.	Roda samping (Ø 80)	Kg	8,00
13.	Rumah roda samping	Kg	20,00
15	EMBEDDED PART		
14.	Sill Beam (I 400 x 300)	Kg	656,00
15.	Plat pelapis sillbeam (stainless steal) dm	Kg	31,44
16.	Track frame (H 400 x 400 x 11)	Kg	815,40
17.	Balok peluncur (I 300 x 300 x 20)	Kg	653,40
18.	Lintle beam (I 400 x 300 x 26)	Kg	410,00

19.	Plat stainlis steal perapat (dm) pada litle b	Kg	19,65
20.	Plat stainless steal perapat (dm) samping	Kg	42,44
21.	Embedded part (LS)	Buah	1,00
HOIST DECK			
22.	Balok (I 500 x 185 x 27)	Kg	1.140,00
23.	Balok penunjang (I 300 x 300 x 20)	Kg	786,00
24.	Checker plate (dm)	Kg	308,00
25.	Drum (\emptyset 0,5 m x 1m)	Kg	1,00
26.	Motor listrik (kw)	Buah	90,00
27.	Wire rope (\emptyset 25 galvanis) m	m ²	1,00
28.	Hooke	Buah	2,00
29.	Gear box	Buah	

2.5 Gaya Hidrostatik

Gaya Hidrostatik ini merupakan gaya tekan air yang menekan pintu air dimana pintu air ini berada di kedalaman air seperti terdapat pada



gambar 2.1

Gambar 2.1 Diagram gaya hidrostatik

Gaya hidrostatik ini dirumuskan sebagai berikut. (Yuwono hal. 16)

$$P = \frac{b \cdot \gamma}{2 \sin \alpha} (h_1^2 - h_2^2) \quad (\text{Rumus 2.1})$$

Dimana :

P : Gaya hidrostatik

b : Lebar Pintu

γ : Berat Jenis Pintu

α : Sudut antara pintu dengan bidang Horizontal

h_1 : Tinggi dari dasar pintu ke permukaan air

h_2 : Tinggi dari ujung pintu ke permukaan air

2.6 Gaya Pada Horizontal Girder (balok horizontal)

Gaya ini di ambil dari gaya hidrostatik yang bekerja pada pelat penutup daun pintu yang kemudian di teruskan ke balok. Gaya pada balok paling atas di ukur dari ujung paling atas pintu sampai pertengahan antara balok, satu dengan balok dua

(balok 14 dibawahnya). Gaya pada balok dua di hitung dari pertengahan antara balok satu dan dua sampai dengan pertengahan antara balok dua dan tiga.

Gaya ini dirumuskan : (Yuwono,h. 16)

$$P_g = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot \gamma \cdot (h_1^2 - h_2^2) \quad (\text{Rumus 2.2})$$

Dimana :

P_g = Gaya pada balok horizontal (ton / m)

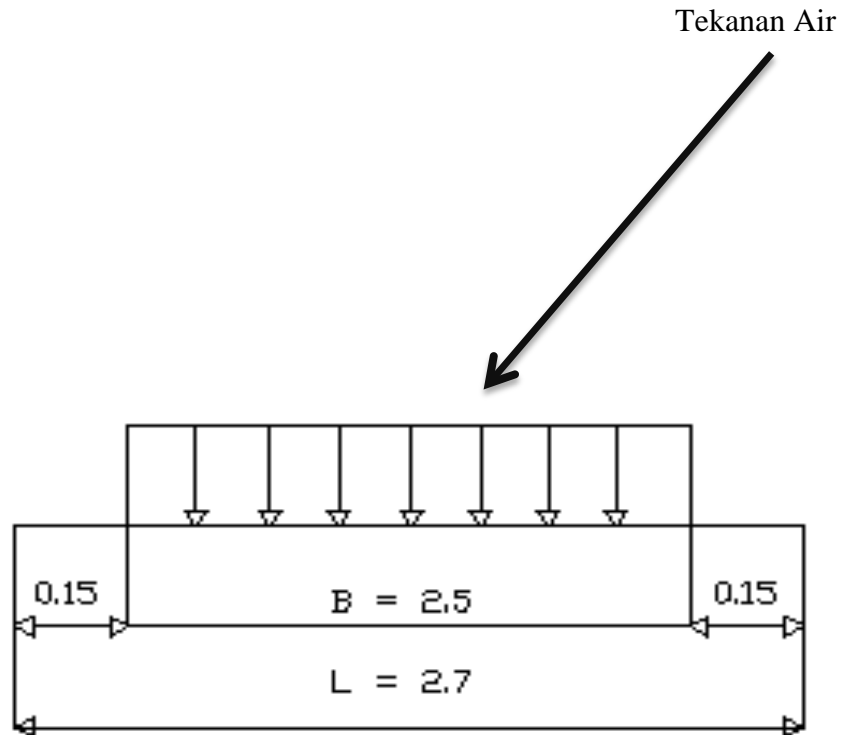
γ = Berat jenis air (ton /m³)

h_1 = Tinggi dari dasar pintu ke permukaan air (m)

h_2 Tinggi dari ujung pintu ke permukaan air.

2.7.1 Momen Inersia pada Balok

Untuk mencari momen inersia pada balok berbentuk flens, digunakan teorema sumbu sejajar, dimana salah satu diantaranya dua sumbu sejajar itu harus melalui titik berat benda. Untuk balok nomer satu (ujung atas) rumusnya seperti pada gambar 2.2



Gambar 2.2 Horizontal Girder

$$M_{max} = \frac{w \cdot (2 \cdot L - B)}{8} \quad (\text{Rumus 2.3})$$

Dimana :

M_{max} : momen lentur maksimum tf-m

w : beban hidrolik yang bekerja pada setiap gelagar = 23,274 tf/m

B : Panjang gelagar = 2.5 m

L : panjang tumpuan = 2.7 m

$$M_{max} = \frac{23,274 \cdot (2 \cdot 2.7 - 2.5)}{8}$$

$$= 6.691 \text{ tf}$$

Maximum gaya geser dihitung dengan rumus berikut :

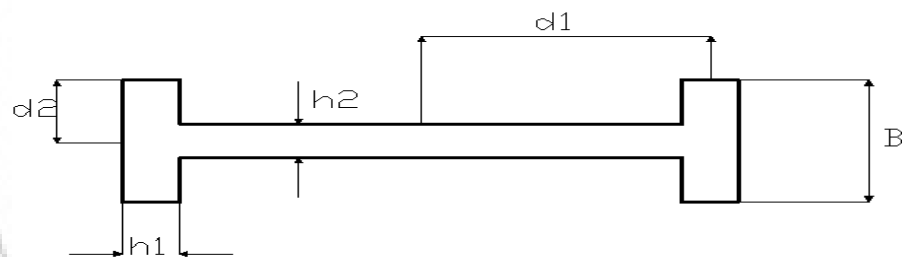
$$Pr = \frac{w}{2}$$

$$= \frac{23,274}{2}$$

$$= 11.637 \text{ tf-m}$$

Note : Beban desain terbesar yang bekerja pada gelagar E, momen bengkok dan gaya dihitung hanya pada gelagar E

Untuk balok 2-5 untuk mencari momen intersia yaitu dengan persamaan seperti pada gambar 2.3 : (Thimosenko, hal. 236)



Gambar 2.3 Horizontal Girder 2-5

$$I_x = I_{x1} + Ad^2 \quad (\text{Rumus 2.4})$$

Dimana:

I_x = momen intersia permukaan terhadap sumbu X (cm^4)

I_{x1} = momen intersia permukaan terhadap sumbu X_1 (cm^4)

$A = \text{luas permukaan (cm}^2\text{)}$

$d = \text{jarak antara dua sumbu yang sejajar (cm)}$

Untuk I_1 dan I_2 didapatkan persamaan : (Thimonsenko, hal. 236)

$$I_1 = I_3 = (1/12 \cdot b \cdot h_1^3) + ((b \cdot h_1) \cdot d_2^2) \quad (\text{Rumus 2.5})$$

$$I_2 = 1/12 \cdot h_2 \cdot d_1^3$$

Dengan demikian momen lembam terhadap titik berat (centroidal moment of inertia) dari seluruh luas adalah : (Thimonsenko, hal. 236)

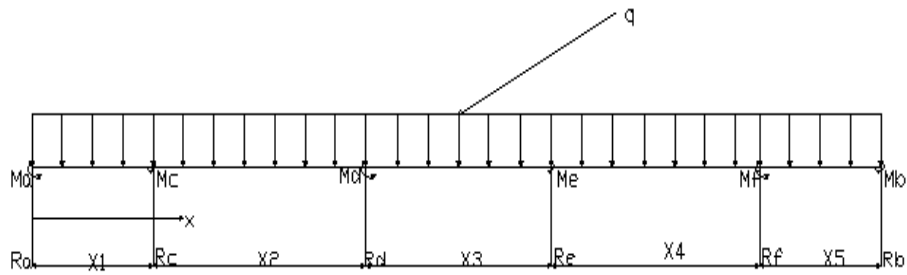
$$I_{toi} = I_1 + I_2 + I_3$$

Modulus tampang untuk balok 2-5 adalah :

$$S = \frac{I_{total}}{dz} \quad (\text{Rumus 2.6})$$

2.7.2 Diagram Gaya Lintang Dan Momen Lentur Pada Balok

Dalam mendesain suatu balok sangat perlu untuk mengetahui harga-harga dari gaya lintang (V) momen lentur (M). Salah satu cara untuk mengetahui besarnya momen lentur adalah dengan menggunakan diagram momen lentur seperti pada gambar 2.5



Gambar 2.4 Reaksi-reaksi pada balok

Untuk mengetahui reaksi pada balok pertama cari reaksi-reaksi pada tiap-tiap tumpuan, dimana : (William, hal. 393)

$$R_a = \frac{qx_1}{2} \quad (\text{Rumus 2.7})$$

$$R_c = \frac{qx_1}{2} + \frac{qx_2}{2}$$

$$R_d = \frac{qx_2}{2} + \frac{qx_3}{2}$$

$$R_e = \frac{qx_3}{2} + \frac{qx_4}{2}$$

$$R_f = \frac{qx_4}{2} + \frac{qx_5}{2}$$

$$R_b = \frac{qx_5}{2}$$

Dan moment yang terjadi dapat di cari dengan persamaan sebagai berikut : (William, hal. 393)

$$M_a = \frac{qx_1^2}{12} \quad (\text{ton.m}) \quad (\text{Rumus 2.8})$$

$$M_c = -\frac{qx_1^2}{12} + \frac{qx_2^2}{12}$$

$$M_d = -\frac{qx_2^2}{12} + \frac{qx_3^2}{12}$$

$$M_e = -\frac{qx_3^2}{12} + \frac{qx_4^2}{12}$$

$$M_f = -\frac{qx^4}{12} + \frac{qx^5}{12}$$

$$M_b = -\frac{qx^5}{12}$$

Untuk mengetahui gaya lintang pada balok maka balok kita bagi-bagi menjadi bagian-bagian kecil sesuai dengan tumpuan balok vertikal yang menempel (menumpu) pada balok horizontal ini. Untuk bagian pertama balok di potong tepat pada sebelah kiri Rc didapat : (Thimosenko, hal.197)

$$V_1 = R_a \quad (\text{Rumus 2.9})$$

$$V_2 = R_a - q \cdot x_1$$

$$V_3 = R_a + R_c - q(x_2 + x_2)$$

$$V_4 = R_a + R_c + R_d - q(x_2 + x_2 + x_3)$$

$$V_5 = R_a + R_c + R_d + R_e - q(x_1 + x_2 + x_3 + x_4)$$

$$V_6 = V_1$$

Dimana :

V = Gaya lintang (ton)

R = Reaksi pada masing-masing tumpuan (ton)

M = Moment lentur (ton)

Q = Beban hidrostatik (beban merata) pada balok (ton)

X = Panjang balok per bagian diantara dua tumpuan tepat (m)

Tegangan lentur dirumuskan :

$$\sigma = \frac{M_{max}}{S} \text{ dimana } S = \frac{I_{tot}}{d}$$

Dimana :

σ = tegangan lentur (kg/cm^2)

S = modulus tampang (cm^3)

d = jarak dari dua sumbu yang sejajar (cm)

I = modulus inersia (cm^4)

2.7.3 Lenturan Pada Balok

Bila balok dibebani maka sumbu logitudinal yang semula lurus akan menjadi kurva yang disebut kurva lendutan. Lendutan sering kali dihitung untuk memeriksa kemungkinan terjadi lendutan yang lebih besar dan melebihi batas. Batang yang dibebani secara merata maka lendutan maksimal terjadi pada.

$$X = \frac{Lx}{2}$$

Dirumuskan : (Thimosenko, hal.385)

$$\sigma = \frac{5.q.x^4}{384.E.I} \quad (\text{Rumus 2.10})$$

Dimana :

σ = Lendutan pada balok (cm)

q = Beban merata (ton/cm)

E = Modulus elastisitas

I = Momen inersia balok (cm^4)

2.7.4 Gaya Pada Vertical Girder

Gaya merata pada ujung-ujung balok dirumuskan : (Williams, hal.393)

$$q_a = b \cdot \gamma \cdot h_1 \quad q_b = b \cdot \gamma \cdot h_3 \quad (\text{Yuwobo, hal.16})$$

Gaya terpusat atau gaya reaksi pada ujung-ujung vertical girder

$$P_a = \frac{q_a \times a}{2} + \left(\frac{3}{20} \times (q_b - q_a) \times (h_3 - h_1) \right)$$

$$P_b = \frac{q_b \times a}{2} + \left(\frac{7}{20} \times (q_b - q_a) \times (h_3 - h_1) \right) \quad (\text{Rumus 2.11})$$

Dimana :

P = Gaya reaksi pada ujung balok (ton)

Q = Gaya hidrostatik persatuan panjang (ton/m)

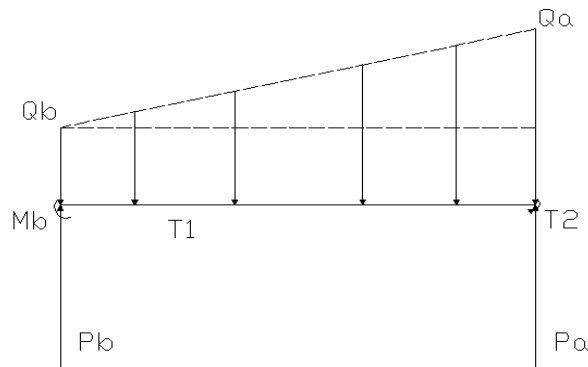
h1 = Jarak dari pertengahan balok ke pertengahan antara dua balok disampingnya.

h2 = Jarak dari pertengahan antara dua balok dibawahnya (m)

2.8.1 Gaya Lintang Moment Lentur, Dan Moment Puntir Vertikal Girder

Gaya lintang yang terjadi pada vertical girder dirumuskan :

$$V = P_b - q_a \cdot a - \frac{(q_a - q_b) \cdot a^2}{2 \cdot l} \quad 2.1$$



Gambar 2.5 Reaksi Pada vertical Girder

Sedangkan momen lenturnya didapatkan persamaan : (Thimosenko, hal.200)

$$M = Pb \cdot a - \left(\frac{1}{2} \cdot q \cdot a^2 + \frac{qa - qb}{6 \cdot L} - M_a \right) \quad (\text{Rumus 2.12})$$

Dengan moment lentur pada ujung balok:

$$M_a = \frac{q \cdot l^2}{12}$$

Selain moment lentur, pada balok vertikal juga bekerja momen puntir. Moment ini di akibatkan oleh moment lentur pada balok horizontal dimana momen itu mengakibatkan puntiran pada balok vertikal.

Dalam perencanaan struktur tegangan puntir / torsi kadang kadang merupakan tegangan yang berpengaruh sehingga beberapa persyaratan harus di tetapkan. Pengaruh puntir umumnya bersifat sekunder, walaupun bukan pengaruh a miner yang harus di tinjau secara gabungan dengan pengaruh jenis lain (saint-Venant). Insinyur Prancis tahun 1853, menunjukan bahwa bila batang yang bukan berpenampang lingkaran dipuntir, penampang transversal yang datar sebelum terpuntir menjadi rata setelah di puntir. Sedangkan jika penampang lingkaran yang terpuntir, maka penampang lintang yang datar sebelum torsi bekerja akan tetap datar dan elemen penampang hanya mengalami rotasi. Kejadian ini disebut sebagai torsi murni.

Pada penampang balok berbentuk Flens pada pintu air ini.

Momen puntir yang terjadi dirumuskan sebagai berikut: (Charles, hal.429, hal.571)

$$T = \frac{J \cdot t}{t_j} \quad (\text{Rumus 2.13})$$

$$J = \frac{1}{3}(2 \cdot b \cdot t_l^3 + h \cdot t_w^3)$$

$$t = \frac{J \cdot t}{J}$$

Dimana :

t = Tegangan puntir yang terjadi (kg/cm²)

T = Moment puntir (ton.m)

J = Konstanta puntir (cm⁴)

V = Gaya lintang (ton)

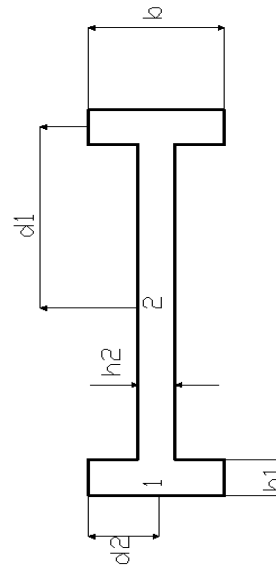
M = Momen lentur (ton.m)

P_b = Beban pada titik b (ton)

P_a = Beban pada titik a (ton)

2.8.2 Momen Inersia Pada Vertical Girder

Seperti pada balok horizontal untuk mencari momen inersia pada balok berbentuk flens, digunakan teorema sumbu sejajar, dimana salah satu diantara dua sumbu yang sejajar itu harus melalui titik berat benda. Untuk balok vertikal ini untuk mencari moment inersia yaitu dengan persamaan seperti pada gambar 2.7



Gambar 2.6 Vertikal Girder

$$I_x = I_{x1} + A \cdot d^2 \quad (\text{Rumus 2.14})$$

Dimana :

I_s = Momen inersia permukaan terhadap sumbu X (cm^4)

I_{x1} = Momen inersia permukaan terhadap sumbu X1 (cm^4)

A = Luas permukaan (cm^2)

d = Jarak antara dua sumbu yang sejajar (cm)

Untuk I_1 dan I_3 didapatkan persamaan :

$$I_1 = I_3 = \left(\frac{1}{12} \cdot b \cdot h_1^3\right) + ((b \cdot h) \cdot d_2^2) \quad \text{(Rumus 2.15)}$$

$$I_2 = \frac{1}{12} \cdot h_2 \cdot d_1^3$$

Dengan demikian momen lembam terhadap titik berat (centroida moment of inersia) dari seluruh luas adalah :

$$I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3$$

Modulus tampang untuk balok 2-5 adalah :

$$S = \frac{I_{tot}}{d_2} \quad \text{(Rumus 2.16)}$$

2.8.3 Tegangan Geser, Tarik dan Tekan

Tegangan geser pada balok yang berbentuk flens, sebagian besar beban yang ada terdistribusi pada badan balok, yaitu sekitar 90% - 98% dan sisanya terdistribusi pada geseran dalam flens.

Untuk tegangan geser dirumuskan :

$$\tau = \frac{V}{A^2} \quad \text{(Rumus 2.17)}$$

Sedangkan tegangan tarik dan tegangan tekannya dirumuskan.

$$\sigma_1 \text{ dan } \sigma_c = \frac{M}{S} \quad \text{(Rumus 2.18)}$$

Dimana : τ = Tegangan geser (ton/m)

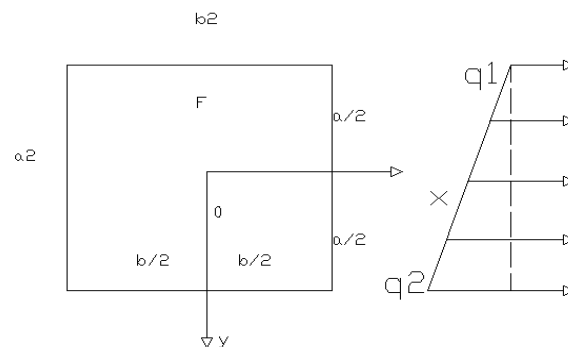
V = gaya lintang (ton)

A_2 = Luas badan balok flens (m²)

σ_1 dan σ_c = Tegangan tarik dan tekan (kg/cm²)

2.9 Plat

Untuk contoh perhitungan diambil panel yang mempunyai luas terbesar sehingga menerima beban terbesar. Untuk ini kita ambil panel F dengan tinggi a_1 dan lebar b_2 . a merupakan beban konstanta dari a b seperti pada gambar 2.9



Gambar 2.7 Pelat Panel F

Momen maksimum yang terjadi pada pelat panel F dibagi menjadi 2 bagian yaitu pertama moment akibat gaya yang terbagi rata sebesar q_1 dengan moment maksimum terjadi pada tepi pelat untuk $a/b = 1,4$ sebesar (Thimosenko, hal 197)

$$M_{fix} = -0,0757 q \cdot b^2$$

$$M_{fry} = -0,0570 q \cdot b^2$$

(Rumus 2.19)

Dimana q_1 merupakan gaya hidrostatik yang besarnya :

$$q_1 = a \cdot \gamma \cdot h_1$$

(Rumus 2.20)

Kedua adalah moment akibat gaya Hidrostatik dirumuskan :

(Thimosenko, hal 164)

$$M_{frx} = -0,0462 (q_2 - q_1) a^2 \quad (\text{Rumus 2.21})$$

$$M_{fry} = -0,0285 (q_2 - q_1) a^2$$

Dimana $q_2 = a \cdot \gamma \cdot h_2$

Berdasarkan perhitungan di atas dipilih momen yang paling besar antara moment yang bekerja pada arah x dan arah y menghitung ketebalan pelat dengan bahan yang digunakan adalah S 25 C dengan tegangan ijin bahan $\sigma_{ijin} = 1200 \text{ kg / cm}^2$ dan $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$. Untuk menghitung ketebalan pelat.

$$t = \sqrt{\frac{qb}{2 \cdot q_{ijin} \cdot \left(0.632 \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 1\right)}}$$

(M.F. Spott, 1985. Hal. 560)

Dimana :

t = Ketebalan pelat (cm)

q = Gaya merata yang bekerja pada pelat (kg/cm)

σ_a = Tegangan ijin bahan (kg/cm²)

b = Lebar pelat

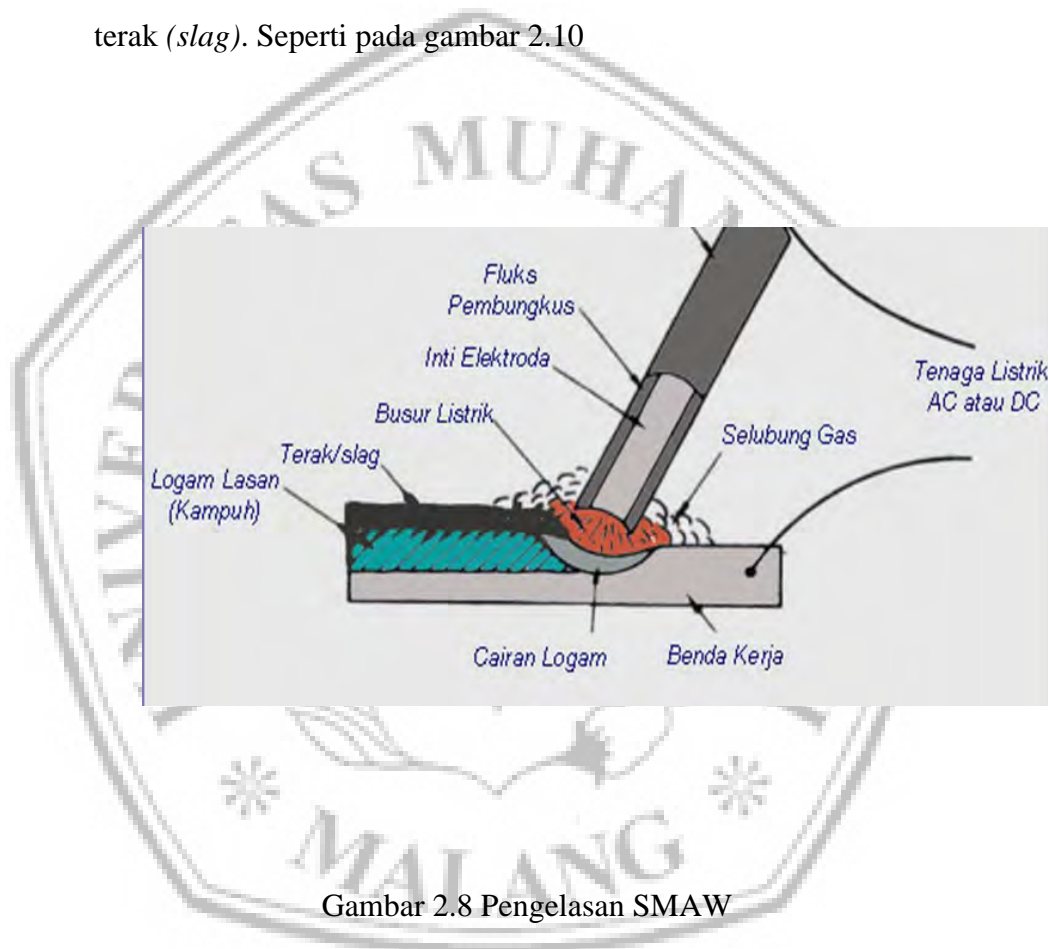
a = Lebar pelat

2.10 Pengelasan SMAW

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dikenal juga dengan istilah Manual Metal Arc Welding (MMAW) atau Las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus. Pada proses las elektroda terbungkus, busur api listrik yang terjadi antara ujung elektroda

dan logam induk atau benda kerja (*base metal*) akan menghasilkan panas. Panas inilah yang mencairkan ujung elektroda (kawat las) dan benda kerja.

Secara setempat Busur listrik yang ada dibangkitkan oleh mesin las. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa fluks. Dengan adanya pencairan ini maka kampuh las akan terisi oleh logam cair yang berasal dari elektroda dan logam induk terbentuklah kawah cair, lalu membeku maka terjadilah logam lasan (*weldment*) dan terak (*slag*). Seperti pada gambar 2.10



Gambar 2.8 Pengelasan SMAW

o Jenis – jenis sambungan las :

Sambungan las diklasifikasikan menurut konstruksi lasnya seperti butt joint, T-joint, comer joint, split joint, lap joint, edge joint dan flange joint.

1. Sambungan buntu (*Butt joint*).

Butt joint terdiri dari dua bagian logam yang disusun sejajar. Pada pengelasan baja , sambungan dengan penertasi penuh dicelah sambungan disebut juga buttjoint walaupun posisi dua logam tidak sejajar pada bidang yang sama.

2. Sambungan T atau T-joint

Sambungan T atau T-joint terdiri dari dua bagian yang disambung membentuk huruf T. Penambahan sambungan lain pada T-joint sehingga membentuk palang disebut cruciform joint. Sambungan ini dapat menggunakan pengelasan fillet weld, grooveweld, plug weld, seam weld.

3. Sambungan Sudut (*Corner Joint*)

Sambungan sudut atau corner joint terdiri dari dua bagian yang sambungannya membentuk huruf L dan pengelasan dilakukan pada pinggir sudutnya. Sambungan ini digunakan untuk membuat konstruksi kotak. Sambungan ini dapat menggunakan tipe pengelasan *fillet weld, groove weld, plug weld, seam weld*.

4. Lap Joint dan Joggled Lap Joint

Sambungan tumpang atau lap joint terdiri dari dua bagian ditumpuk pada bidang sejajar, kemudian dilas pada kedua ujung masing-masing. Lap joint dimana tiap sisi bagian yang disambung terletak pada bidang yang sama disebut joggled lap joint. Sambungan tumpang ini dapat menggunakan tipe pengelasan *fillet weld, groove weld, plug weld, seam weld*.

5. Sambungan Sisi

Sambungan sisi terdiri dari lebih dari dua bagian yang dilas, bagian pinggir sambungan dilas dengan ketebalan yang tipis. Sambungan ini dapat menggunakan tipe las *groove weld*, *flare weld*, *same weld*, *edge weld*.

6. Sambungan Splice (*Spliced joint*)

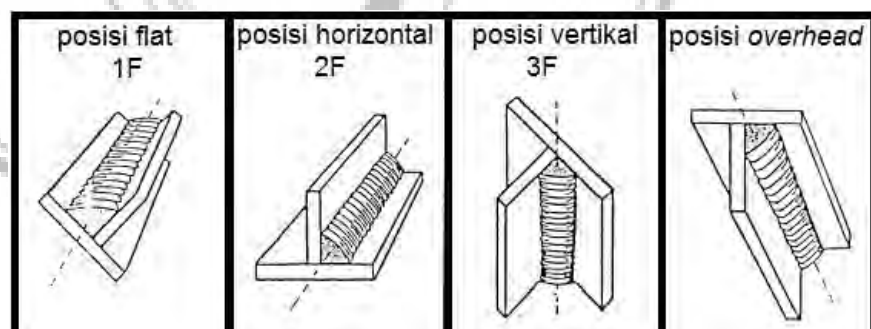
Spliced joint adalah sambungan, dimana dua bagian disusun sejajar dan bagian lain ditambahkan di atasnya kemudian dilakukan pengelasan. Jenis sambungan ini terdiri dari double spliced joint dan single-spliced joint. Single spliced joint memiliki aksentristas pada sambungan sehingga bersifat lentur. Sambungan ini dapat menggunakan tipe pengelasan *butt weld*, *groove weld*, *plug weld*, *seam weld*.

7. Sambungan Flange (*Flange joint*)

Flange joint terdiri dari dua bagian, setidaknya salah satunya memiliki bentuk tepi bengkok. Hal ini diaplikasikan pada pembuatan roof yang terbuat dari stainless steel atau paduan titanium dan tangki penyimpanan LNG. Sambungan ini dapat menggunakan tipe pengelasan *filled weld*, *flare weld*, *edge weld*.

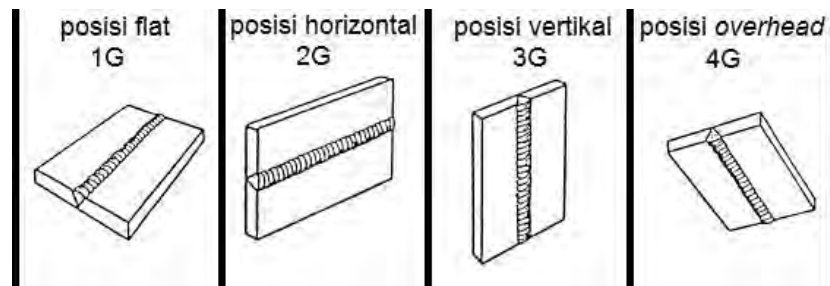
- o Posisi – posisi sambungan dalam pengelasan.

- a) Sambungan sudut.



Gambar 2.9 Sambungan Sudut

b) Sambungan Alur



Gambar 2.10 Sambungan Alur

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi lapisan dari campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari *flusk* adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung menstabilkan busur.

Dalam pelaksanaan pengelasan memerlukan juru las yang sudah berpengalaman. Sifat mampu las *flusk* ini sangat baik maka biasa digunakan untuk kontruksi yang memerlukan tingkat pengalaman tinggi. Berdasarkan jenis elektroda dan diameter kawat inti elektroda dapat ditentukan arus dalam ampere dari mesin las seperti pada Tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2 Tipe Elektroda

Diameter		Tipe elektroda dan amper yang digunakan					
Mn	inch	E 6010	E 6014	E 7018	E 7024	E 7027	E 7028
2,5	3/32	-	80-125	70-100	70-145	-	-
3,2	1/8	80-120	110-160	115-165	140-190	125-185	140-190
4	3/32	120-160	150-210	150-220	180-250	160-240	180-250
5	3/16	150-200	200-275	200-275	230-305	210-300	230-250
5,5	7/32	-	260-340	360-430	275-375	250-350	275-365
6,3	1/4	-	330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8	5/16	-	90-500	375-470	-	-	-

Pemilihan elektroda berdasarkan :

- Material (*base metal*) composition
- Posisi pengelasan
- Bentuk desain sambungan
- Arus las, AC atau DC polantas EP / EN
- Persyaratan penetrasi, Heat input
- Biaya oprasional, deposition rate
- Juru las (welder qualification) untuk spesial proses

• **Spesifikasi Elektroda Menurut AWS Pada Tabel 2.3**

Tabel 2.3 Spesifikasi Elektroda Menurut AWS

No	Code Nomer Elektroda	Keterangan
1	A5.1	Elektroda las busur bersalut baja karbon
2	A5.2	Kawat las gas dari besi dan baja
3	A5.3	Elektroda las busur dari alumunium dan alumunium paduan
4	A5.4	Elektroda bersalut baja kromium dan kromium nikel tahan karat
5	A5.5	Elektroda las busur bersalut baja paaduan rendah.
6	A5.6	Elektroda bersalut tembaga dan tembaga paduan
7	A5.7	Elektroda lempengan dan kawat las dari tembaga dan tembaga

		paduan
8	A5.8	Logam pengisi Brazing
9	A5.9	Kawat las dan elektroda las busur dari lempengan baja komium dan kromium nikel tahan karat dan campuran logam inti dan serat
10	A5.10	Elektroda lempengan dan kawat las dari alumunium dan alumunium paduan
11	A5.11	Elektroda las bersalut nikel dan nikel paduan
12	A5.12	Elektroda untuk pemotongan dan elektroda las busur dari tungsten dan tungsten paduan
13	A5.13	Elektroda kawat las berlapis
14	A5.14	Elektroda lempengan dan kawat las dari nikel dan nikel paduan
15	A5.15	Kawat las dan elektroda bersalut untuk pengelasan bes tuang
16	A5.16	Elektroda lempengan dan kawat las dari titanium dan titanium paduan
17	A5.17	Elektroda lempengan dari baja karbon dan fluks untuk las SWA
18	A5.18	Logam pengisi baja karbon untuk las busur berpelindung gas
19	A5.19	Elektroda lempengan dan kawat las dan Magnesium paduan

20	A5.20	Elektroda dan baja karbon untuk Flux Cored Arc Welding (FCAW)
21	A5.21	Elektroda dan kawat las berlapis bahan campuran
22	A5.22	Elektroda Flux berinti baja kronium dan kromium nikel tahan karat
23	A5.23	Elektroda lempengan dan flux paduan rendah untuk las SAW
24	A5.24	Elektroda lempengan dari kawat las dari Zirconium dan Zirconium paduan
25	A5.25	Consumable dari baja karbon dan baja paduan rendah berkekuatan tinggi (HSLA) untuk Elektroda Slag Welding (ESW)

26	A5.27	Kawat las gas dari tembaga dan tembaga paduan
27	A5.28	Logam pengisi dari baja paduan rendah untuk las busur berpelindung gas
28	A5.29	Logam pengisi dan baja paduan rendah untuk Flux Cored Arc Welding (FCAW)
29	A5.30	Consumable insert
30	A5.34	Elektroda Flux berinti nikel

2.11 Sandblasting

Musuh abadi seluruh benda berbahan dasar metal/besi adalah karat/korosi. Ada salah satu cara yang paling efektif dan cepat untuk mengusir karat/korosi yaitu Sandblasting, adalah proses penyemprotan abrasive material biasanya berupa pasir silika atau steel grid dengan tekanan tinggi pada suatu permukaan dengan tujuan untuk menghilangkan material kontaminasi seperti karat, cat, garam, oli dll. Selain itu juga bertujuan untuk membuat profil (kekasaran) pada permukaan metal agar

dapat tercapai tingkat perekatan yang baik antara permukaan metal dan bahan pelindung semisal cat. Tingkat kekasarannya dapat disesuaikan dengan ukuran pasirnya serta tekanannya. Perlu diketahui berhasil atau gagalnya suatu pengecatan sangatlah tergantung pada tingkat kebersihan dan tingkat perekatannya antara cat dan permukaan serta tingkat kepadatan dan peralatan dari cat itu sendiri.

Sandblasting merupakan proses yang di adaptasi dari teknologi yang biasa digunakan oleh perusahaan – perusahaan yang bergerak di bidang oil dan gas, industri ataupun fabrikasi guna membersihkan atau mengupas lapisan yang menutupi sebuah obyek yang biasanya berbahan dasar metal/besi dengan bantuan butiran pasir khusus yang ditembakkan langsung dari sebuah Sandblasting terbagi atas dua jenis, yaitu

1. *Dry Sandblasting*

Dry sandblasting biasanya diaplikasikan ke benda-benda berbahan metal/besi yang tidak beresiko terbakar, seperti tiang-tiang pancang, bodi dan rangka mobil, bodi kapal laut, dan lain-lain

2. *Wet Sandblasting*

Wet sandblasting diaplikasikan ke benda – benda berbahan metal/besi yang beresiko terbakar atau terletak di daerah yang beresiko terjadi kebakaran, seperti tangki bahan bakar, kilang minyak (offshore), ataupun pom besin dimana pasir silica yang digunakan dicampur dengan bahan kimia khusus anti karat yang berguna untuk meminimalisir percikan api saat proses sandblasting terjadi.

Namun begitu alat yang digunakan tetaplah sama terdiri dari kompresor, tabung penyaring udara (Airblast Breathing Air Filters), tabung penampung pasir (blast port), selang nosel, helm untuk dikenakan oleh operator sandblasting.

Keuntungan Dari Sandblasting :

1. Membersihkan permukaan material (besi) dari kontaminasi seperti karat, tanah, minyak, cat, garam dan lainnya.
2. Mengupas cat lama yang sudah rusak atau pudar.
3. Membuat Profil (kekasaran) pada permukaan metal sehingga cat lebih melekat.

Lalu bagaimana mengukur tingkat kebersihan sandblasting itu ?

Mungkin anda pernah mendengar ukuran standar sandblasting adalah sa 2.5. Sa adalah salah satu standart tingkat kebersihan yang di keluarkan oleh Swedish Institutr for Standards disingkat SIS Kode Sa disini berarti standard kebersihan swedish menggunakan Abrasive.

Pengertian Sa 2.5 berrti pembersihan / peyemprotan metal menghampiri putih “near-white metal blast cleaning”, dengan pengertian bahwa penyemprotan terhadap permukaan metal dilakukan sampai warnanya hamir putih. Secara kasat mata warnanya mendekati putih, bersih dari segala kotoran seperti kulit besi, karat, bekas cat, debu dan sebagainya, yang tertinggal hanya sedikit noda atau bintik kecil yang samar dan itu pun tidak boleh dari 5% dan total suatu permukaan yang dibersihkan. Untuk dapat mengetahui secara pasti bahwa tingkat kebersihan yang di kehendaki telah tercapai, dipakai acuan warna sebagai bandingan berupa refrensi warna permukaan disebut dengan visual pictorial surface standard. Sedangkan yang menggunakan alat dengan magnimer suracepronie comparator gunanya untuk melihat tingkat kekerasan permukaan setelah sandblasting.

Standard-standard yang lain selain Swedish Standard yang digunakan untuk tingkat pembersihan permukaan ada beberapa, misalnya standard dari SSPC (Steel Structure Painting Council), NACE (National Association of Corrosion Engineers), ISO (International Organization for Standardization), SAA (Standard Australia), DS (Standard Denmark) dan JUS (Standard Jugoslavia), tetapi yang sangat umum digunakan saat ini adalah Standard Swedish, SSPC, dan NACE. Contoh hasil Sandblasting pada gambar 2.13



Gambar 2.11 Hasil Sandblasting

2.12 *Painting*

Painting adalah salah satu proses coating pelapisan terhadap suatu material yang berfungsi untuk melindungi benda tersebut dari proses karat. Painting dalam istilah bahasa Indonesia sering disebut dengan pengecatan. Dalam kesempatan ini akan di uraikan bagaimana proses Painting dengan standard Internasional dengan bahan Epoxy yang diaplikasikan kepada pipa baja. Korosi merupakan hal yang sangat populer terjadi pada logam, akibat korosi inilah banyak barang yang rusak dan tak layak pakai. Sering kita dengar banyak terjadi kecelakaan yang mengakibatkan puluhan ataupun ratusan orang meninggal dunia akibat kapal tenggelam, semuanya itu tak lain karena kebocoran kapal yang disebabkan oleh korosi. Didunia pipa, korosi itu sangat ditakuti, karena akibat korosi ini banyak terjadi

kebocoran pipa gas atau pun yang lain. Untuk mengatasi hal tersebut, maka dilakukan proses coating terhadap pipa baja.

Coating pipa banyak jenis dan macamnya. Diantaranya yaitu: Three Varnish, Galvanis, Coating Tape dan Epoxy. Dalam pembahasan kali ini akan kita ungkap tentang coating Tape dan Epoxy, yang mana banyak cat (paint). Epoxy ini juga banyak jenis dan warnanya diantaranya yaitu: Jotun, Sigma, Prima, Hempel dan Promacor.

Untuk mengetahui lebih jelas tentang painting marilah kita ulas proses Epoxy dari tahap ketahap pertama sama proses finising.

❖ *INCOMING PIPE*

Incoming pipe yaitu proses penyipaan gas agar dapat dilakukan proses penyiapan permukaan pipa yang akan diaplikasikan dengan epoxy. Pada proses incoming pipe ini dilakukan inspeksi terhadap pipa agar permukaan pipa terbebas dari cacat dan akhirnya akan mengganggu pada proses tahap berikutnya. Diantaranya bentuk – bentuk cacat pada pipa diantaranya yaitu.

- (a) Porosity, yaitu cacat bentuk lubang yang berdiameter sangat kecil tetapi cacat ini sangat berbahaya karena pipa bisa mengalami kebocoran. Untuk mengatasi cacat ini harus dilakukan proses repair dengan welding manual dan kemudian dilakukan proses grinda untuk menghaluskan permukaan.
- (b) Scratches, yaitu cacat bentuk luka akibat tergores benda tajam, sehingga bentuknya menjadi tajam dan perlu proses penggerindaan untuk menghaluskan.

Jika scratch ini terlalu dalam, maka perlu proses welding manual dan gerinda seperti cacat porosity.

(c) Laminasi dan silver, yaitu cacat yang berbentuk material mengelupas akibat peleburan logam yang tidak sempurna, cacat ini perlu dilakukan proses penggerindaan sampai cacat tersebut hilang.

(d) Korosi, yaitu cacat berbentuk lubang – lubang yang terjadi akibat dari proses karat yang sudah lama.

Proses penyiapan pipa pembersihan dari cacat tersebut harus sesuai standard SSPC-SP2. Selain terbatas dari berbagai cacat material, sebagaimana contoh – contoh cacat tersebut diatas, pada proses incoming pipe ini pipa juga harus bersih dari oil kontaminasi, grease, air dan cairan lainnya.

Apabila terjadi oil kontaminasi atau grease, maka harus dilakukan proses pembersihan dengan mencucinya dengan menggunakan detergent atau thinner ataupun cairan lain yang sesuai dengan standard SSPC-SP1. Ini semua harus dilakukan agar mesin Blasting tidak terkontaminasi dengan oil ataupun yang lainnya.

Dan langkah terakhir dari proses incoming pipe yaitu cacat identitas pipa agar tidak terjadi kekeliruan identitas pada tahap – tahap berikutnya.

❖ *SURFACE PREPARATION*

SURFACE PREPARATION yaitu proses penyiapan permukaan pipa dengan mesin Blasting yang berfungsi untuk membersihkan permukaan pipa dari segala kotoran dan mill scale dan membentuk kekasaran yang berguna untuk mengikat cairan epoxy ketika proses aplikasi nanti.

Pada tahap ini sangat menentukan baik jeleknya kualitas dari hasil proses pengaplikasiannya nanti. Pada tahap Surface preparation ini dilakukan banyak inspeksi dan pengecekan diantaranya yaitu.

- 1) *Dew Point* yaitu temperatur dimana uap air akan menjadi embun, didalam istilah lain disebut dengan Titik Embun. Untuk mencari Dew point ini, bisa dengan perhitungan Dew Point atau dengan menggunakan alat yang bernama Whearling dan tabelnya. Fungsi Dew point disini sebagai batasan, dimana temperatur terendah yang harus dimiliki oleh pipa ketika mau proses aplikasi epoxy.
- 2) *Relatif Humidity* yaitu tingkat ketinggian kadar uap air yang ada pada ruangan dimana akan dilakukan proses Blasting. Biassanya adalah bentuk satuan (%) dan batas maksimum yaitu 85%. Jika RH kurang dari atau sama dengan 85% maka proses Blasting tidak boleh dilakukan karena tingkat kadungan uap air di udara terlalu besar yang akan mengakibatkan uap air menempel pada permukaan pipa dan ini merupakan penyebab dari proses karat sebelum pipa di aplikasi. Untuk mengetahui besarnya RH dapat di cari dengan tabel Whearling ataupun alat diteksi RH auto.
- 3) *Pipe Temperatur* yaitu temperatur pipa yang mana bisa kita ketahui dengan menggunakan alat yang bernama Thermocopple. Ketentuan temperatur pipa yang boleh dilakukan aplikasi yaitu minimal 3°C diatas Dew Point (3°C Above Dew Point). Jika temperatur pipa kurang dari 3°C diatas Dew Point atau dibawah Dew Point, maka aplikasi tidak boleh dilakukan, karena uap air akan menempel pada permukaan pipa yang menyebabkan hasil applikasi tidak bisa tahan lama karena akibat uap air yang menempel tadi akan mengakibatkan pipa mengalami karat.
- 4) *Surface Roughnes* yaitu tingkat kekasaran permukaan pipa setelah melalui proses blasting. Surface Roughnes ini di ukur setelah blasting finish, dan ini dapat kita ketahui tingkat kekasarannya dengan berbagi cara, diantaranya melalui perbandingan dialat komputer yang bernama Comperator sesuai dengan ASTM

D.4417A, ataupun dengan menggunakan bantuan Replica Tape sesuai dengan ASTM D.4417C yang kemudian kita ukur dengan alat yang bernama Foil Thickness Gauge (Dial Indicator Gauge) sesuai dengan ASTM D.4417D. Kekasaran permukaan pipa ini dibentuk bertujuan untuk mengikat cairan epoxy supaya terjadi bondit (menempel) dengan permukaan pipa. Semakin kasar permukaannya, maka tingkat akatannya semakin kuat. Dan sebaliknya semakin halus permukaannya, maka semakin lemah tingkat bonditnya. Kekasaran permukaan ini harus disesuaikan dengan tabel epoxy yang diinginkan, biasanya sekitar 30 s/d 100 μm .

- 5) *Salt Contamination* yaitu kadar garam yang terkandung pada permukaan pipa, semakin besar kadar garam yang terkandung maka proses karat akan semakin cepat. Jadi kadar garam harus seminimal mungkin, biasanya kadungan kadar garam diperbolehkan untuk proses aplikasi epoxy ini maksimal 2 mg/cm^2 . Untuk mengetahui tingkat kadungan kadar garam yang ada pada pipa ini dapat kita gunakan bantuan alat yang bernama Salt Contamination Test.
- 6) *Dust Level* yaitu tingkat kandungan kotoran atau debu yang ada pada pipa setelah proses Blasting selesai. Hal itu dapat kita ketahui dengan menggunakan masking tipe yang terbuat dari plastik transparan, kemudian kita bandingkan dengan tabel Dust Level. Kreteria penerimaan Dust Level yaitu sampai dengan level 3, jika terjadi sampai level 4, maka harus dilakukan proses Blasting ulang.
- 7) *Cleaness* yaitu kebersihan permukaan pipa secara visual. Untuk Cleaness ini ada beberapa tingkat macam yaitu :

- a) *Brush Of Cleaning* (SSPC SP-7) Sa 1

Sa 1 yaitu Hasil pembersihan permukaan pipa yang sudah bebas dari minyak mill scale, cacat setelah melalui pengikisan dengan mesin atau alat lainnya. Sa 1 ini merupakan tingkat kebersihan permukaan pipa paling jelek,

yang mana karat – karat pada permukaan pipa tetap ada untuk proses applikasi epoxy standart Sa 1 tidak boleh melakukan proses applikasi,

b) *Commercial Cleaning* (SSPC SP-6) Sa 2

Sa 2 yaitu Hasil pembersihan permukaan pipa yang sudah bebas dari minyak, mill scate karat, cacat setelah melalui pengikisan dengan mesin atau alat lainnya. Sa 2 ini merupakan tingkat kebersihan permukaan pipa yang sedikit lebih baik dari Sa 1, tetapi tingkat ini masih tidak boleh proses applikasi, karena sisa – sisa karat masih sedikit ada.

c) *Near White Metal Cleaning* (SSPC SP-10) Sa 2 ½

Sa 2 ½ yaitu Hasil permukaan pipa yang sudah bebas dari minyak, mill scale karat, cacat setelah pengikisan dengan alat mesin atau lainnya dengan hasil warna pipa tersebut mendekati putih. Sa 2 ini merupakan tingkat kebersihan permukaan pipa yang di perbolehkan untuk proses Applikasi Epoxy.

d) *White Metal Cleaning* (SSPC SP-5) Sa 3

Sa 3 yaitu Hasil pembersihan permukaan pipa yang sudah bebas dari minyak, mill scale karat, cacat setelah melalui pengikisan dengan mesin atau alat lainnya dengan hasil warna pipa tersebut putih. Sa 3 ini merupakan tingkat kebersihan yang paling baik. Untuk mendapatkan tingkat Sa 3 ini, harganya biasanya sangat mahal, karena terlalu sulit untuk mencapainya.

Selain 7 kreteria diatas, permukaan pipa setelah di proses Blasting harus kita visual, karena jika tidak dilakukan, apabila ada cacat yang seperti tersebut pada jenis cacat di Incoming Pipe akan merusak epoxy setelah proses Applikasi selesai. Jadi jika cacat – cacat tersebut masih ada harus di grenda ulang.

Blasting yaitu proses pembersihan permukaan material dengan menggunakan butiran – burtiran steel grit dan steel shot

ataupun pasir kering yang disebarkan dengan tekanan udara yang sangat kuat sehingga menghilangkan lapisan material yang paling luar termasuk karat dan mill scale.

Pipa yang sudah diproses Blasting harus segera diproses aplikasi karena pipa yang sudah di proses Blasting ini mempunyai batasan waktu untuk diproses Aplikasih. Selang waktu yang di perbolehkan untuk di proses Aplikasi yang tidak boleh lebih dari 3 jam, maka banyak debu yang akan menempel pada permukaan pipa dan uap air pun juga akan ikut menempel pada permukaan pipa, karena temperatur pipa sudah turun menyamai temperatur ambeient (temperatur ruangan).

❖ *COATING APPLICATION*

Coating Application yaitu proses aplikasi epoxy terhadap material yang mana kali ini kita gunakan material pipa. Proses ini dapat dilakukan dengan manual semi manual ataupun secara mesin. Untuk hasil yang lebih baik dan merata kita gunakan dengan mesin. Alat yang kita gunakan diantaranya yaitu :

1. *Agiator*

Agiator yaitu alat yang berfungsi untuk mengaduk campuran epoxy, alat ini menggunakan tenaga tekanan udara dari compressor.

2. *Graco lengkap*

Graco adalah alat spray yang menggunakan tekanan udara sebagai tenaga. Alat ini merupakan jenis pompa air untuk memompa cat epoxy untuk diaplikasikan kepada pipa.

3. *Ratato*

Ratator disini berfungsi untuk meletakan pipa yang telah di proses Aplikasi, alasan ditaruh pada ratator adalah pada saat aplikasi pada pipa dalam keadaan berputar agar

ketebalan epoxy merata dan hasilnya tanpa ada cacat. Ratator diletakan pada kedua ujung pipa, yaitu pada area cut back (area tanpa epoxy yang berfungsi untuk memberikan ruang gerak untuk proses welding ketika saat pipa di join antara satu dengan yang lain). Cut back ini biasanya panjangnya $100\text{mm} \pm 10\text{mm}$

4. Kereta

Kereta disini digunakan untuk mengikat ujung graco (spray) yang digerakan dengan kecepatan tertentu yang nantinya akan berfungsi untuk menyepay. Tetapi sebelum dilakukan proses aplikasi, perlu disetting jarak antara kereta dengan pipa, serta kecepatan kereta dengan kecepatan ratator sehingga membentuk overlap yang baik dan merata serta ketebalan yang sesuai.

Pada proses coating Aplikasi ini ada beberapa hal yang perlu diinspeksi dan diperhatikan diantaranya yaitu.

❖ Material

Material yang dimaksud disini adalah material epoxynya (Base dan Curing Agent serta Thinner) Cek jenis warna dan typenya apa sesuai dengan permintaan customer. Kemudian cek massa aktifnya serta batch numbernya. Kemudian baca Data sheet tentang product Epoxy tersebut. Dari Data Sheet ini kita akan mengetahui segala tentang material product yang digunakan, mulai dari jenis, warna, tipe, pot life, curing time, mixing ratio dan kadungan bahannya.

❖ Mixing Ratio

Mixing Ratio yaitu perbandingan campuran antara Base dan Curing Agent, perbandingan ini harus sesuai dengan data sheet terlampir. Sedangkan penambahan Thinner harus sesuai dengan yang

direkomendasikan dalam data sheet. Lama pengadukan biasanya antara 10 s/d 15 menit. Setelah itu check viscosity (kekentalan) epoxy dengan menggunakan alat yang bernama Vicositas Cup dengan bantuan Stopwacth.

❖ Air Blother Cup

Air Blother Cup yaitu proses inpeksi pada kandungan tekanan udara yang digunakan sebagai alat penggerak. Agiator dan Graco Kretaria penerimaannya yaitu tidak boleh mengalami oil kontaminasi maksudnya yaitu tidak boleh mengandung bahan oil. Cara menginspeksi degan menggunakan kertas tissue.

❖ Visual Inspektion

Visual Inspektion disini yaitu lihat dan chek visual ketika proses aplikasi, jangan sampai ada cacat, kalau ada cacat segera cari penyebabnya dan perbaiki. Cacat disini antara lain: blister,sagings,pinhole,orange pelis,abrasive, spay spoot.

❖ *Wet Film Thickness* (WFT).

Wet Film Thickness yaitu proses pengecekan ketebalan epoxy pada saat epoxy dalam keadaan basah. Untuk mengukurnya kita membutuhkan alat bantu yang bernama Wet Film Thickness Gaunge. Jika ketebalan masih kurang, maka perlu dilakukan penyerapan ulang sampai ketebalan mencukupi. Perlu diketahui bahwa ketebalan ketika masih basah dan setelah kering tidak akan sama karena di pengaruhi oleh volume solids dari epoxy yang digunakan tersebut. Untuk mengetahui volume

solids material epoxy tersebut kita perlu melihat Data Sheetnya Rumusnya sebagai berikut.

Tebal kering “ Tebal Basah X Persentase
Volume Solids”

❖ *FINISHING*

Finishing yaitu proses coating epoxy yang terakhir yaitu proses inspeksi hasil aplikasi ketika epoxy sudah kering. Pada proses ini ada proses coating repair yaitu proses perbaikan coating epoxy pada bagian – bagian yang cacat. Pada finishing ini dilakukan beberapa inspeksi, diantaranya yaitu :

1. *Dry Film Thickness (DFT)*

Dry Film Thickness yaitu ketebalan lapisan epoxy yang telah diaplikasikan kepada pipa setelah kering. Disini perlu inspeksi karena pengukuran ketika epoxy masih dalam keadaan basah tidak 100% akurat. Untuk itulah perlu kita check Coating Thickness Gauge. Jika ketebalan lapisan Epoxy sudah OK, maka akan kita inspeksi tahap selanjutnya. Tetapi kalau lapisan Epoxynya kurang tebal, maka perlu dilakukan proses Roating, yaitu proses penambahan lapisan epoxy tanpa melalui proses blasting.

* *Coating Thickness Gauge*

2. *Visual Impection*

Visual Impection yaitu pengecekan visual Coating Epoxy setelah kita pastikan ketebal Epoxy sudah OK. Pada tahapan ini kita tandai cacat yang nantinya diproses Coating Repair. Untuk proses repair harus dilakukan secara manual, baik menggunakan spray manual maupun kuas.

3. *Holiday Detektor*

Holiday Detektor yaitu inspeksi kebocoran lapisan epoxy dengan cara menggunakan tegangan listrik. Biasanya tegangan yang digunakan yaitu 12 volt untuk $1\mu\text{m}$.

4. *Roughness*

Roughness yaitu kekasaran lapisan epoxy. Jadi tingkat kekasaran lapisan epoxy harus kita ukur, yaitu dengan menggunakan alat bantu yang bernama *Roughness Gauge*.

Selain hal – hal yang perlu diinspeksi diatas, ada hal – hal lain yang perlu kita perhatikan, diantaranya kebersihan cut bak dan panjang cut back. Selain ini juga masih banyak pengujian di laboratorium yang harus dilakukan terhadap hasil epoxy tersebut jika menginginkan hasil epoxy standart Internasional. Diantaranya pengujian – pengujian tersebut adalah : *Crosscut, Pullon, Water Soak, Bending, Cure Test* dan lain – lain.

